

補助事業番号 2019M-118

補助事業名 2019年度フッ素系ゴムへのめっき金属被覆によるハイブリッド化補助事業

補助事業者名 関東学院大学 総合研究推進機構 材料・表面工学研究所 田代雄彦

## 1 研究の概要

ロボット産業や半導体産業等でも、パッキン、シールやリング等が使用され、その材料の一種であるフッ素系ゴムは、耐熱性・耐化学薬品性・耐候性等に優れるが、他のゴムと比較し高価なため、なるべく長期使用したい要望がある。また、送管の結合部に使用するOリング等は静電や帯電を抑制するため、カーボンブラック等のフィラーをゴム中に添加する。これらを防止する製品も販売されているが、添加量が多くなるとゴム自体の特性が損失し、材料のコストアップに直結する。

さらに、食品や化粧品分野では、香料によるゴムパッキン等への着香(匂い付着)から製品への移香の問題が顕在化しており、製品の切り替え時に、強い薬剤を使用した長時間のCleaning in place(CIP)洗浄が必須である。このCIPにより、ゴムパッキン等が短時間で劣化し、表面が崩壊した結果、食品などの製品中に異物として混入する問題もある。

## 2 研究の目的と背景

不導体材料へのめっき前処理には、有害物質の六価クロム含有のクロム酸硫酸高濃度エッチング液等が国内外で広く使用されている。しかしながら、この手法は2023年にREACH規制により使用できなくなる。

そこで、我々が提案している環境に優しいエッチング法の一つである大気UV処理を用い、難めっき材料のフッ素系ゴム表面を改質し、めっき金属で被覆することにより、ゴム自体の特性を低下させずに、静電や帯電防止などの様々な特性を付与可能な高密着めっき法の検討を行った。

## 3 研究内容

### ① ニッケル・銅めっき金属成膜試験

三元系フッ素ゴムのNEXUSを用い、大気UV処理(紫外線照射)時間を変化させ、無電解めっき法によりニッケルおよび銅金属皮膜を0.1~数 $\mu\text{m}$ (=1/1000 mm)成膜し、最適な密着強度の得られる処理時間を決定する。また、より確実性を高めるために異なるロットでも試験を繰り返す。

### ② 金めっき金属成膜試験

最適な大気UV処理時間、めっき前処理条件、金めっき浴組成を検討し、①項と同様な評価を行う。

### ③ 密着メカニズムの解析

同時に、SEM・SPMIによる表面形態観察、表面粗さ測定、接触角試験(簡易濡れ性試験)、FT-IRおよびXPSによる表面分析、TEMIによる断面観察および元素マッピング等を行い、密着メカニズムを解明する。

(1) フッ素系ゴムへの大気 UV 処理を適用した高密着めっき法の開発

(URL: <http://kguramo.kanto-gakuin.ac.jp/955/>) 1 回目の学会発表



学会発表模様のイメージ写真

**試験基板**

天然ゴム(タイガースポリマー製, HS65)  
20 mm×50 mm×2 mmに切り出し使用。

**NEXUS217 (森清化工社製)**  
フッ素化された炭化水素ポリマーのフッ素ゴム。水素は数%。フッ素は60~70%含有。C-F結合はC-H結合より強いため、フッ素ゴムは一般的なゴムよりも耐熱性、耐薬品性に優れる。また三元系フッ素ゴム材の方がフッ素濃度が高く、より分子が安定している。

$$-(\text{CH}_2-\text{CF}_2)_m-(\text{CF}_2-\text{CF})_n-(\text{CF}_2-\text{CF}_2)_m-$$

CF<sub>3</sub> NEXUS217の組成

研究に用いたゴムの種類と特性

(2) 三元系フッ素ゴムへのメタライジング

(URL: <http://kguramo.kanto-gakuin.ac.jp/955/>) 2 回目の学会発表



学会発表模様のイメージ写真

**めっき工程**

素材	大気UV処理 (1~10 min)	アルカリ処理(NaOH) 65 °C, 3 min	無電解Niめっき 45 °C, 4 min
		コンディショナー(CC231) 45 °C, 1 min	活性化(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) R.T., 1 min
		触媒付与(PdCl <sub>2</sub> ) 45 °C, 5 min	電気Cuめっき R.T. 25 μm成膜
		触媒還元(NaH <sub>2</sub> PO <sub>3</sub> ・H <sub>2</sub> O) 45 °C, 1 min	熱処理60 min 75 °C, 120 °C(NEXUSのみ)

ゴムへのメタライジング手法

(3) 大気 UV 処理によるフッ素系ゴムへのメタライジング

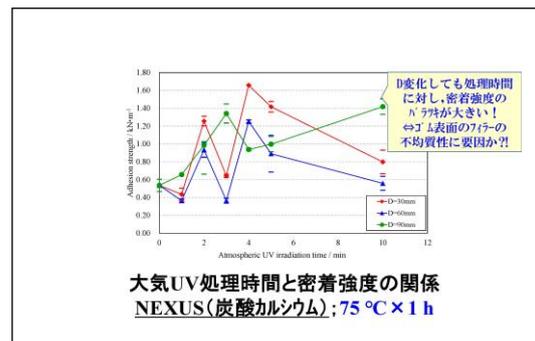
(URL: <http://kguramo.kanto-gakuin.ac.jp/955/>) 3 回目の学会発表

大気UVの照射距離D及び処理時間におけるNEXUS(炭酸カルシウム)の接触角試験結果

照射距離 (D)	処理時間/接触角(°)							
	0 min	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	10 min	
30 mm	88.28	84.42	92.72	90.38	98.91	94.88	95.15	
60 mm	同上	89.22	94.85	91.89	88.36	88.79	93.56	
90 mm	同上	84.50	92.47	94.79	94.17	94.47	94.64	

D=90mmラテックスと異なり、炭酸カルシウム入りでは、ほとんど接触角は低下しない。  
⇒D=90mm表面の分子が不均質な状態で存在するためか?

ゴム表面の接触角試験例



メタライジング後の密着強度評価

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

各分野で高性能を発揮する難めっき材料であるフッ素系ゴムに有害物質フリーの環境に優しい大気UV処理(紫外線照射)を行うことで、その表面を適度に改質し、各種のめっき金属で被覆することにより、静電や帯電防止などの様々な特性を付与する高密着性のめっき成膜法を達成した。本ゴム材料に新規の高付加価値の機能を付与することで、工業用ゴム材料の交換頻度が下がり、ラインの稼働率や生産効率が向上する。即ち、ゴム材料の劣化による高コスト化や高頻度メンテナンス(休日出勤による労働者の負荷低減など)の解消に活かされると考えられる。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまでの主な研究活動内容は、主として表面処理工学であり、大別すると①無電解めっき及びめっきプロセスに関する研究、②電気めっきに関する研究、③環境配慮型めっきプロセスに関する研究などである。これらの研究は機械部品、エレクトロニクスやIoTなどに必要不可欠な表面処理技術の一端を担っている。特に、③は10年程前から注力しており、REACH規制と高懸念物質対応の環境配慮型めっきプロセスで、現状の六価クロム等の有害物質を全く使用しない手法である。今回の研究で大きな成果のあった大気UV処理法も今後普及が見込まれる技術である。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

査読付き論文は2020年度中に公表する予定である。

#### 7 補助事業に係る成果物

##### (1)補助事業により作成したもの

該当なし

##### (2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

#### 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 関東学院大学 総合研究推進機構

(カントウガクインダイガク ソウゴウケンキュウスイシンキコウ)

住所 〒250-0042

神奈川県小田原市荻窪1162-2

担当者: 教授 田代雄彦(タシロ カツヒコ)

担当部署: 材料・表面工学研究所(ザイリヨウ・ヒョウメンコウガクケンキュウジョ)

E-mail: [r051048@kanto-gakuin.ac.jp](mailto:r051048@kanto-gakuin.ac.jp)

URL: <http://mscenter.kanto-gakuin.ac.jp/>